

烃类微渗漏晕及其信息提取

郭德方

(浙江大学地球科学系 杭州 310027)

摘要 本文在综合研究近些年来国内外遥感直接找油这一领域研究成果的基础上,系统地给出烃和烃类微渗漏晕波谱特性以及遥感影像烃类微渗漏信息的计算机提取方法,它们分别是遥感技术直接找油的基础和关键。

关键词 遥感影像, 烃类微渗漏晕, 信息提取

遥感技术直接找油是通过在遥感影像上提取烃类微渗漏晕信息来实现的。现已概括出的9种烃类微渗漏晕,其实质是烃类微渗漏引起地表物理、化学、生物学性质变化所造成的电磁波谱异常,有关的详细论述见本刊上期《遥感技术直接找油理论基础及其实践》一文。研究烃和烃类微渗漏晕波谱特性是遥感技术直接找油的基础,而从遥感影像上提取烃和烃类微渗漏晕信息则是遥感技术直接找油的关键,下面分别论述之。

1 烃类微渗漏晕及其波谱特性

1.1 烃类物质波谱特性

为要很好了解烃类微渗漏晕波谱特性,先了解一下烃类物质波谱特性。油气藏烃类物质十分复杂,这里给出3种物质形态(液态、气态、固态)下一些烃类物质波谱特性研究成果。

1.1.1 液态烃类物质波谱特性

(1) 石油液态物质特征吸收带^[1]

石油液态物质表现出一些强特征吸收带,分别位于1.81、1.33 μm 附近和1.61—1.84 μm 谱段内(其中心吸收波长在1.72 μm 附近)^[2];此外在0.93、1.02、2.0、2.08和2.15 μm 处也表现一些非烃类的弱吸收谱带特征。

(2) 原油波谱曲线及有利的遥感探测波段^[3]

原油在1.725、2.310、2.348、3.430、3.500、6.211、6.794、7.231和13.699 μm 等处有明显的吸收峰,可划分并为4个特征吸收带:1.69—1.79、2.27—2.46、3.33—3.53和6.80—7.48 μm 。其中2.27—2.46 μm 特征吸收带以其较宽的谱段(0.2 μm)、可以接受的吸收强度(>15%)、位于遥感窗口之内和较少干扰的特性,表明其是一个有利的遥感探测工作谱段。自然界中仅矿物对其存在特征吸收带的干扰。含油气盆地常见的一些沉积岩在近红外谱段的主要吸收带如表1所示。由该表知,一些沉积岩的吸收带位于2.27—2.46 μm 之

收稿日期: 1994年7月5日;收到修改稿日期: 1994年9月16日

内。它们的吸收带具有较窄的特点,可以用窄带多波段遥感和计算机图像处理予以排除。

表 1 含油气盆地常见沉积岩与原油近红外谱带一览表^[4]

Table 1 The near-infrared spectrum of sedimentary rock and crude oil in oil-gas basin.^[4]

物质名称	主要吸收带 (μm)	起 因
砂 岩	1.01—1.1 2.2 2.35	Fe^{2+} 电子跃迁 Al—OH 分子振动 CO_3^{2-} 分子振动
页 岩	同上,但很弱	
碳酸盐	2.33 2.52 2.35 2.55 2.36 2.56 2.39 2.60	Mg— CO_3 分子振动 Ca— CO_3 分子振动 Sr— CO_3 分子振动 Ba— CO_2 分子振动
粘 土	2.2	Al—OH 分子振动
绿泥石	2.32	Mg—OH 分子振动
磷灰石	2.32 2.39	P—OH 分子振动
硬 砂	2.15	B—OH 分子振动
石 膏	1.76	Ca— SO_4 分子振动
盐 岩	1.77 2.27	液包体 H_2O 振动
原 油	1.76, 2.2, 2.27, 2.35	轻烃分子基团振动

1.1.2 气态烃类物质波谱特性

石油气态物质特征吸收带位于 $1.72\mu\text{m}$ 和 $2.3\mu\text{m}$ 附近;在 2.28 、 2.31 和 $2.35\mu\text{m}$ 存在较弱的特征吸收带;在 $2.44\mu\text{m}$ 处存在弱的特征吸收带。

1.1.3 固态烃类物质反射率波谱特性

(1) 自然挥发成固态的原油、石蜡、沥青的波谱特性

自然挥发成固态的原油和沥青的漫反射率曲线在 $2.5—2.0\mu\text{m}$ 波段范围内的值特别高(平均为 82%),在 $2.0—0.7\mu\text{m}$ 波段范围内的值则急剧下降,至 $0.7\mu\text{m}$ 处仅有 15% ;石蜡的漫反射波谱曲线形状类似液氧—甲烷混合物高浓度甲烷含量的波谱曲线。

(2) 油气苗及含油砂体的波谱特性

对原油、沥青、油砂的波谱测试结果^[5]: ①可见光波段($0.4—0.76\mu\text{m}$),在该波段上述烃类物质无任何特征光谱,但总体呈现光谱反射率低。②短波红外波段($1.1—2.5\mu\text{m}$)', $2.0—2.5\mu\text{m}$ 是一个区分含烃类油砂和不含烃类油砂的好的谱段,仅用样品的平均反射率和标准差即可实现这点。原油及油砂在此波段波谱反射率较高,存在特征谱段,它们的波谱反射率在 $2.3\mu\text{m}$ 附近^[6]开始明显上升,据此可用红外细分方法,采用比值图像对之予以识别。

综合石油物质液态、气态和固态 3 种情况下的光谱特征,从特征吸收谱带角度来看有: 1.72 、 $2.3\mu\text{m}$ 处最好, 1.70 、 1.76 、 2.35 和 $2.44\mu\text{m}$ 处次之, 1.18 和 $1.38\mu\text{m}$ 只表现

在固态石蜡和石油液态物质;再考虑到吸收强度、遥感大气窗口和受干扰等情况,则以包括 2.3、2.35、2.44 μm 在内的 2.27—2.46 μm 谱带范围为通过直接探测烃类物质进行油气资源遥感的最为有利的波段。

1.2 烃类微渗漏晕及其波谱特性

1.2.1 土壤吸附烃晕

烃类微渗漏物质可以被土壤的矿物颗粒所吸附。它们可能是液态石油物质,也可能是液态石油物质经过长期挥发留下的沥青、石蜡等固态石油物质,当然它们也可能以气态形式存在于土壤的孔隙中。这些烃类物质所引起的遥感影像波谱异常称为土壤吸附烃晕。我们可以在 2.27—2.46 μm 谱段范围内利用红外细分对之进行探测;与此同时,再利用烃类其它特征吸收谱带进行综合探测。

1.2.2 霾状晕

霾状晕(又称云雾状晕、晕状亮区)是指陆地卫星影像上浅色的、由中心向四周逐渐变暗的、边界模糊不清的色调异常区。它们多呈圆形或椭圆形,大至成千上万平方公里,小至几十平方里,其规模多与油田的储量、产量成正比关系;其亮度多与含烃量有关;其与周围的相对关系不受时相限制(即与植被、湿度的变化没有明显关系),仅与油田的存在与否有关。霾状晕的形成机理尚未确定,一种看法认为是由烃类微渗漏过程中形成的飘浮在油田上空的雾状体所致。微渗漏至地表的烃类气所含的二氧化硫与空气中的水蒸汽结合形成“酸雾”,当达到一定浓度时,则形成雾状体。由于云雾对太阳发射的电磁波在可见光波段具有较强的反射能量,这样就构成了图像上的晕状亮区。因此,该亮区的大小、形状除与油田的条件有关外,还取决于成像时的地面气压、风力、风向等因素。另一种看法认为这是运移到地表的微渗漏烃类物质所致,土壤吸附烃含量分析表明了土壤含烃量与图像色调的相关性。第三种看法认为这是微渗漏至大气中的烃类气所产生的湍流效应,气体涡旋对电磁波的非均匀反射所致。究竟是哪种原因或几种原因都存在而在具体的条件下以某种原因为主,尚待进一步研究。

1.2.3 热异常晕

油气藏上置地层中存在的地温升高造成该区在热红外波段(8—14 μm)遥感图像上的波谱异常现象称之为热异常晕。多数油气田都存在地温升高现象。对这种现象的解释为:(1)这是烃类物质渗漏至地表或近地表后所产生的氧化热所致,一般温度可增加 1—3 $^{\circ}\text{C}$;(2)烃类渗漏使导热率降低、热容量增加所致。 $\text{TM}_6(10.4—12.6\mu\text{m})$ 恰置热红外波段,对此热异常晕可予以探测。但是由于 TM_6 数据所记录的是地表及空中的亮度温度,它反映的是地物、大气的热状态和热性质,受多种地表因素(如地形、地貌、土壤质地、湿度、植被、天气、人文活动等)的影响,加之地面分辨力较低(120 \times 120m),因此其影像反差小,温差界限模糊,有时热异常晕并不明显,如何将之提取出来,常常要考虑多方面的因素。利用 NOAA 卫星热红外波段影像及机载热红外波段影像提取热异常晕也取得了一定进展。

1.2.4 红层褪色化晕

微渗漏的烃类物质至地表后被氧化,生成二氧化碳及硫化氢造成还原环境。赤铁矿、

针铁矿、褐铁矿及黄钾铁矾等矿物中的高价铁离子 (Fe^{3+}) 使地表岩层呈红色。高价铁矿物在氧化环境中较稳定, 在还原环境中易溶解。高价铁矿物的这一性质使它本身在这一还原环境中或呈溶解状态, 或重新沉淀为如黄铁矿、菱铁矿、磁铁矿等低价铁 (Fe^{2+}) 矿物, 这导致岩层褪色。由烃类微渗漏造成的这种地表岩层红层褪色的遥感影像波谱异常称为红层褪色化晕。我们可以利用可见光波段遥感图像的色调和亮度识别红层褪色晕。

1.2.5 低价铁富集晕

当三价铁离子转化为二价铁离子形成红层褪色晕的同时, 也形成了二价铁离子的富集; 由于二价铁离子与三价铁离子有着不同的波谱特性, 因而出现波谱异常。这种由三价铁离子转化为二价铁离子所形成的遥感影像波谱异常称为低价铁富集晕。由波谱分析知, 二价铁离子矿物(如黄铁矿)在 $1\mu\text{m}$ 处有强吸收带, 在 $1-1.5\mu\text{m}$ 处有宽吸收带^[6]; 而三价铁离子矿物(如褐铁矿、黄钾铁矾、赤铁矿、针铁矿等)却是在 $0.8-0.9\mu\text{m}$ 处出现强吸收带, 并在 $0.4-0.5\mu\text{m}$ 处表现出吸收特征。利用这些波谱特征差异, 我们可以提取低价铁富集晕信息, 识别烃类微渗漏。

1.2.6 粘土化晕

烃类微渗漏的液体或气体中所含的氢硫化物和碳氢化物改变了上覆岩石的氧化-还原环境, 导致酸化; 而酸性溶液可使某些在碱性环境中稳定的矿物如长石和粘土被蚀变或被其它粘土矿物代替。成岩蚀变作用改变了粘土矿物的分布与构成, 表现了较强的羟基基团 $-\text{OH}$ 的吸收特征。这种由于烃类微渗漏导致的粘土富集所出现的遥感影像波谱异常称为粘土化晕。其波谱特征为: ①粘土矿物在 $2.2\mu\text{m}$ 处有很强的羟基吸收带; ②粘土矿物在近红外波段 ($2-2.5\mu\text{m}$) 较硅酸盐、碳酸盐呈低反射率^[6]。利用这一波谱特征, 我们可以提取粘土化晕信息, 识别烃类微渗漏。美国犹他州里斯本谷地研究。给出了烃类微渗漏引起的蚀变所造成的矿物学差异及相应波谱差异的实例。

1.2.7 碳酸盐岩矿化晕^[6]

当烃类物质(如 CH_4) 运移至地表或近地表后, 由于氧化-还原环境的变化, 使 CH_4 被氧化成二氧化碳, 进而与水结合成碳酸, 再与各种金属离子结合形成不同的碳酸盐岩, 此时所造成的碳酸盐岩矿化出现的遥感影像波谱异常称之为碳酸盐岩矿化晕。碳酸盐岩代表性矿物大理岩的碳酸根 (CO_3^{2-}) 吸收带出现在 $2.35\mu\text{m}$ 及 $2.5\mu\text{m}$ 之后处, 白云岩的碳酸根吸收带出现在 $2.33\mu\text{m}$ 及 $2.5\mu\text{m}$ 之后处, 故 $2.33-2.35$ 及 $2.5\mu\text{m}$ 之后处可认为是碳酸盐岩的特征吸收带。我们可以利用这一波谱特征识别碳酸盐岩矿化晕。碳酸盐岩矿化晕 (ΔC) 反映烃类微渗漏范围, 常出现在油田区围缘。

1.2.8 地植物异常晕

(1) 植物波谱特性及其 3 个影响因素

影响植被波谱特性的是其本身的 3 个因素: 叶色素的类型及数量、叶子的内部细胞结构和叶子水份。①叶色素控制了植物在可见光波段 ($0.4-0.7\mu\text{m}$) 的反射率。处于生长期的健康植物, 主要反映叶绿素的波谱特征, 如叶子呈现绿色等; 处于衰老期的或发育不良的植物, 主要反映叶绿素大量减少而叶黄素、叶红素、花青苷色素相对增加时的波谱特征, 如叶子呈现褪绿、枯黄、红色等, 反射峰“红移”(向长波方向移动)、 $0.65\mu\text{m}$ 处吸收谱带减弱反射率升高和红边“蓝移”(向短波方向移动), 红边“蓝移”是叶绿素减少的重要标

志。色素不同,叶子的波谱特性不同;叶绿素是绿叶中的主要色素,它对波谱影响最大。②细胞构造控制了植物在 0.8—1.3 μm 波段的反射率。它在 0.8 μm 附近急剧上升并稳定在高反射率水平上,为植物对红外光的强反射,常被称为红外峰值。③ 叶子水份控制了 1.3—2.5 μm 波段的反射率。该反射率较之细胞构造控制的 0.8—1.3 μm 波段的反射率明显下降,并在 1.4 μm 、1.9 μm 及 2.6 μm 处存在强吸收带。由上述分析可知,植物波谱特征随植物的物候循环的变化而变化,也随植物发育程度的变化而变化。

(2) 地植物异常晕

金属毒化和过量甲烷等都会影响植物正常发育。由于各种原因造成了植物不能正常发育、生长期差异、种属变异、覆盖率稀疏等状况,它们在遥感影像上表现出的波谱异常称之为地植物异常晕。烃类微渗漏引起土壤微量元素迁移导致金属过量影响植物生长,表 2 给出了与矿化有关的植物形态学变化情况,可见土壤中金属元素含量的变化是影响植被异常的一个主要原因。金属压抑使植被呈现出叶绿素总体减少和细胞结构方面的变化;渗漏的气态碳氧化合物上升到地表覆盖层中置换了土壤中的氧气,使土壤中氧气比例下降,渗漏的碳氧化物与硫酸盐作用使土壤碳酸盐化,产生硫化氢气体使植物根腐烂,这些都影响了植物根吸收水份的能力;渗出的碳氢气体影响土壤中与植物有共生关系的喜烃微生物增殖,影响植物生长,如此等等。所有这些都导致植物以下两方面的变化:①生态结构方面:包括植被的形态变化,叶、花、果实的变化和生物气候学的变化。如植被发育不正常、病变、稀疏、发芽晚和早熟等方面。②分类学方面:植物种类发生变化。油田区地表植物常常表现出来的矮小或畸形,褪绿病或叶变黄,发芽晚或提前开花、结果、枯萎、植被稀疏以及种属变异等,使人们有理由把地植物异常与烃类微渗漏联系起来。

表 2 与矿化有关的植物形态学变化^[7]

Table 2 The vegetable form alteration related to the mineralization^[7]

元素或矿物	植 被 响 应
铝 (Al)	根变短;叶子焦化枯萎;杂色斑点
沥青	生长形态增大;早开花
铬 (Cr)	叶子产生褪绿病
钴 (Co)	在某些植被里叶绿素增加;另一些植被出现褪绿病
铁 (Fe)	树冠发育不充分;根粗大
锰 (Mn)	叶子产生褪绿病,有白斑
钼 (Mo)	发育不充分,叶子呈黄—枯黄色
镍 (Ni)	叶子产生褪绿病和叶子黑斑症
蛇纹岩	矮小、萎缩、花的颜色改变
铀 (U) 和其它放射性	花的颜色改变;出现异常果实;细胞核里出现异常数目和染色体
锌 (Zn)	叶子产生褪绿病、苍白、矮小化

地植物异常可以由多种原因造成,它可能与烃类微渗漏有关或无关(因为其它环境因素也可造成这种异常)。一些在油气田区内表现出的地植物异常在油气田区外也会出现,这常常使得人们在遥感影像上发现地植物异常容易,而要确定其是否由烃类微渗漏所引起却并不都是容易的,很多时候需要进一步做生物地球化学、地植物学方面的工作才能认识。国内外专家在这方面有许多实践。1985 年在美国蒙大拿州贝尔克里克对植物、土壤

进行关于低价铁、锰的含量的研究给出了产油区内外金属元素含量的变化^[9]: 在油气藏正上方, 二者在植物中含量较高, 在土壤中含量较低; 在油田区周缘, 二者含量的差异更显著; 在油田区外, 两者均较低。我国冀东某地区的研究, 给出了产油区内外金属元素、轻烃和 ΔC 、氧化物含量及植物长势的变化^[9]: ①在金属元素含量方面植物和土壤完全相反。对地植物来说, 含油区明显高于背景区; 对土壤来说, 含油区略低于背景区。但是对于每个具体植物来说, 表现不尽相同。②在土壤的轻烃 ($C_2 + C_3 + C_4$) 和 ΔC 含量方面, 含油区土壤低于背景区土壤。③在土壤氧化物含量方面, 所研究的 8 种氧化物除 MnO 外, 其余 7 种两者均接近。④在植物长势方面, 以洋槐为例, 含油区叶片小而稀疏, 背景区大而茂盛。美国的米斯特气田研究给出了利用波谱数据检测地植物异常研究烃类微渗漏实例。美国怀俄明州帕特里克佐油田区和弗吉尼亚西部的洛斯特河地区的研究给出了植物种类变异的实例。

1.2.9 放射性晕

放射性晕指油气田上方 γ 射线强度明显增高这一波谱异常现象, 据此可探测油气田。

2 烃类微渗漏信息的计算机提取

这里主要研究 TM 影像烃类微渗漏信息的计算机提取。TM 影像 7 个波段的波谱分辨率和波谱工作范围已定。用 TM 影像来提取烃类微渗漏信息遇到的最大问题是: (1) 波谱分辨率太粗, 不能很好地识别各种烃类微渗漏。解决的办法是进行综合提取, 即同时提取几个烃晕而不对它们加以区分。(2) 有时烃晕的强特征吸收峰(或反射峰)不在传感器工作范围内。解决的办法是在充分掌握目标波谱特征的基础上, 运用各种图像处理办法来提取。

2.1 TM 影像各波段信息特征分析

这里包括信息量分析、直方图分析、相关性分析和最佳波段组合分析。该分析给出各波段的信息量大小(最大值、最小值、波谱范围、均值、标准差、亮度频数)、相关性以及最佳波段组合等种种基本信息, 作为使用各波段的依据。

信息量分析 它以亮度范围和标准差来衡量信息量的大小。例如对某油区 TM 数字图像统计分析有: TM5 信息量最大, TM7 次之, 以下为 TM3、4、2, TM1 因受大气散射影响亮度均值远高于 TM2、3、4, TM6 受大气热辐射干扰影响大。

直方图分析 打印出研究区各波段直方图, 从中可看出各波段信息量的大小。对上述同一油区分析结果与信息量分析结果一致。

相关性分析 计算研究区 TM1、2、3、4、5、7 六个波段间相关系数。对上述同一油区计算结果有可见光波段 TM1、2、3 之间、TM5、7 之间相关性高, TM4、6 表现独立性强。

最佳波段组合分析 最佳波段组合中的各波段应是标准差大, 彼此相关性小, 均值接近。最佳指数因子式:

$$OIF = \sum_{i=1}^3 S_i / \sum_{j=1}^3 |R_{ij}|$$

式中 S_i 为标准差, R_{ij} 为相关系数。对上述同一区域计算结果有 TM4、5、7 为最佳组合 (OIF 最大), 以下依次为 TM3、4、5, TM1、4、5, ……等; 若再综合考虑其它一些因素, 如可见光、近红外、短波红外各波段最好都有一个, 3 个波段的最佳组合也可如下组成: 可见光波段(1个)+近红外波段(1个)+短波红外波段(1个), 因而首选 TM3、4、5, 这可视具体情况而定。

2.2 关于目标的 TM 影像信息分析

这里的目标主要指反映粘土化晕的粘土矿物(含羟基离子 OH^-)、反映碳酸盐岩矿化晕的碳酸盐岩矿物(含 CO_3^{2-}) 和与退色化晕有关的铁离子 (Fe^{2+} 、 Fe^{3+}) 及植被、水等物类。TM7 能反映吸收峰在 $2.2\mu\text{m}$ 处附近的粘土矿物(高岭石、蒙脱石等)、吸收峰在 $2.35\mu\text{m}$ 附近的碳酸盐岩矿物; 粘土矿物、碳酸盐岩矿物在 TM5 波段均为高亮度值且均有亮度值 $\text{TM5} > \text{TM7}$; 对于含 Fe 离子 (Fe^{2+} 、 Fe^{3+}) 土壤、岩类, 均有亮度值 $\text{TM5} > \text{TM4}$; 对于水(无论清水还是混浊水), 均有亮度值 $\text{TM2} > \text{TM4}$, 以上这些波谱特性在计算机图像处理中常用到。

2.3 提取用于突出油气信息的波谱成分

这是计算机提取油气信息的关键。在充分掌握目标与背景波谱特性及 TM 各波段信息的基础之上, 利用计算机图像增强处理技术, 突出有用信息, 压抑无用信息, 进行提取。当要进行彩色合成增强油气信息时, 这就要提供彩色合成时的 3 个波谱成分; 当要以黑白影像突出油气信息时, 这就要提供其波谱成分。具体的做法很多, 常用的有:

比值法 这是用得最多的一种方法, 常常取得较好的效果。例如取 $\text{TM5}/7$ 提取粘土化晕、碳酸盐岩矿化晕, 取 $\text{TM5}/4$ 提取含铁离子(包括 Fe^{2+} 、 Fe^{3+}) 土壤、岩类信息, 取 $\text{TM2}/4$ 提取水的信息等。

特征主成分选择 (FPCS) 对 TM 图像 6 个波段 (1、2、3、4、5、7) 进行主成分分析 (PCA), 依据欲增强信息的目标的波谱特性, 选择特征波段 (TM6 个波段中对目标有最好响应的波段) 载荷系数最大的主成分作为突出油气信息的波谱成分进行信息提取。

HSI 逆变换 通过 HSI 逆变换, 获取彩色合成时的 3 个波谱成分。

综合分析法 对 TM 各波段进行算数运算、代数运算、FPCS 或其它种种图像处理, 综合分析提取信息, 这样既可实现综合反映多种信息, 又可减少背景干扰信息的影响。

烃类微渗漏晕的波谱特性及其信息提取的研究正处于不断发展中, 随着其研究的深入, 遥感直接找油技术必将日趋成熟。

参 考 文 献

- [1] 王福印. 油气微渗漏遥感影像异常形成的化学机理. 国土资源遥感, 1993, (1).
- [2] 高来之等. 应用于油气资源遥感的近红外石油物质光谱特征研究. 国土资源遥感, 1991, (4).
- [3] 朱振海. 红外遥感油气资源勘探技术及其有效性评估. 环境遥感, 1993, 8(4).
- [4] 丁暄. 遥感技术在油气资源探测应用中的关键问题. 遥感技术与应用, 1992, 7(4).
- [5] J. M. 亨特. 石油地球化学和地质学. 北京: 石油工业出版社, 1986.
- [6] 刘子贵等. 烃类微渗漏的光谱遥感信息. 环境遥感, 1992, 7(1).
- [7] D. A. Mouat (林树道译). 地球化学状况的植被响应. 遥感信息, 1988, (4).

- [8] 傅碧宏. 以遥感为主的多源信息综合研究方法在烃类微渗漏探测中的应用. 遥感技术与应用, 1991, 6(1).
[9] 黄秀华等. 冀东地区油气微渗漏地植物的遥感基础研究. 环境遥感, 1992, 7(2).

Hydrocarbon Micro-seepage and Information Extraction

Guo Defang

(Zhe Jiang University Department of Earth Science)

Abstract In this paper both home and abroad successful applications of remote sensing technology in direct Oil-gas exploration in recent years have been studied systematically. The summarization of spectral characteristics of Hydrocarbon and Hydrocarbon halo and methods of extracting the Hydrocarbon micro-seepage information by computer are the basic and critical point of direct Oil-gas exploration using remote sensing technology.

Key words Remote sensing image, Hydrocarbon micro-seepage, Information extraction